

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-243621

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int.Cl.

H02K 29/00

H02K 21/22

(21)Application number : 09-272396

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 06.10.1997

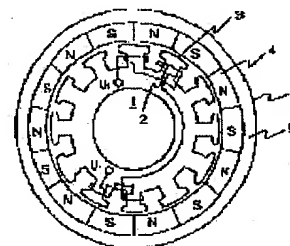
(72)Inventor : TAJIMA FUMIO
MIYASHITA KUNIO
TAMURA AKIRA
KONNO TAKEO

(54) PERMANENT MAGNETIC FIELD TYPE BRUSHLESS MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a winding factor, and reduce magnitude of cogging torque by specifying the relation between the number of the permanent magnetic poles of a permanent magnetic field and the number of salient magnetic poles of a stator.

SOLUTION: The relation between the number of a permanent magnetic poles P and the number of salient magnetic poles M of a stator is given by the following expressions: $(2/3)M < P < (4/3)M$, $M=6n$ and $P < 6n-2$ or $P > 6n+2$ (where, n is an integer which is 2 or more). A stator 1 is formed with twelve salient magnetic poles 3 at its outer circumference, and is wound around intensively by an armature winding 2. A permanent magnetic rotor 6 is formed with fourteen permanent magnet poles 4 which are magnetized alternately to N and S, and disposed at the inside of a yoke 5 so as to face the salient magnetic poles 3. The number of cogging torque pulsation per turn becomes 84 which is the least common multiple of 14, the number of the permanent magnet poles 4 and 12, the number of the salient magnetic poles, thus it is possible to reduce the cogging torque. For a winding factor, a fractional pitch winding factor becomes $\cos 30/2 = 0.966$, and a factor due to the distribution of the salient magnetic poles also becomes 0.966, therefore, it becomes $0.966 \times 0.966 = 0.933$ in total. It is thus to improve it more than a conventional type.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-243621

(43)公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51)Int.Cl.⁸

H 0 2 K 29/00
21/22

識別記号

F I

H 0 2 K 29/00
21/22

Z

M

審査請求 有 発明の数 1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-272396
(62)分割の表示 特願平8-349299の分割
(22)出願日 昭和60年(1985)11月8日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 田島 文男
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 宮下 邦夫
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 田村 昭
茨城県勝田市大字稲田1410番地 株式会社日立製作所東海工場内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石界磁形ブラシレスモータ

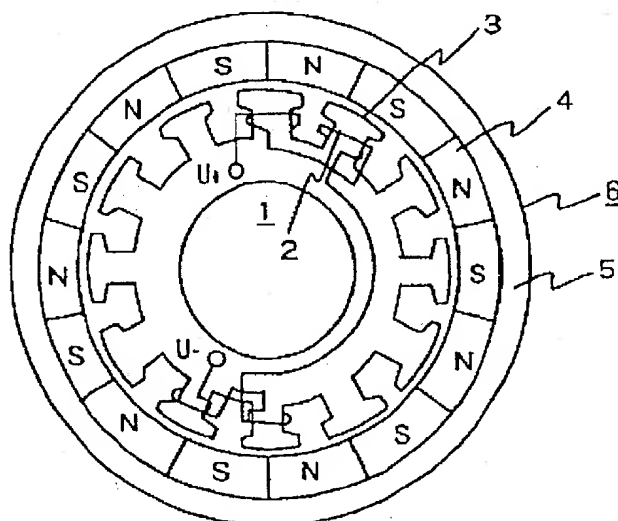
(57)【要約】

【課題】構成が簡単でコギングトルクが小さく、比較的大出力の永久磁石界磁形ブラシレスモータを提供することにある。

【解決手段】永久磁石界磁の永久磁石磁極数Pと固定子の突極磁極数Mの関係を、

$M = 3n$, $P = 3n \pm 1$ (但しnは2以上の整数)に設定することにより、巻線係数を向上(出力を向上)させつつ、コギングトルクの大きさを低減する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】全周にわたって等間隔に配列された P 個の永久磁石磁極をもつ永久磁石界磁と、全周にわたって等間隔に配列された M 個の突極磁極とこの突極磁極に集中的に巻回され且つ 3 相接続された電機子巻線を有する電機子とを備え、前記永久磁石界磁の移動位置に応じて前記電機子巻線電流を制御して該永久磁石界磁にトルクを発生する永久磁石界磁形ブラシレスモータにおいて、前記永久磁石磁極数 P と前記突極磁極数 M の関係を、 $(2/3)M < P < (4/3)M$ 、かつ、 $M = 6n$ 、かつ、

$P < 6n - 2$ または $P > 6n + 2$ （但し n は 2 以上の整数）

としたことを特徴とする永久磁石界磁形ブラシレスモータ。

【請求項 2】請求項 1 の永久磁石界磁形ブラシレスモータにおいて、

$(2/3)M < P < 6n - 2$ 、かつ、 $M = 6n$ （但し n は 2 以上の整数）

としたことを特徴とする永久磁石界磁形ブラシレスモータ。

【請求項 3】請求項 2 の永久磁石界磁形ブラシレスモータにおいて、

$P : M = 10 : 12$

としたことを特徴とする永久磁石界磁形ブラシレスモータ。

【請求項 4】請求項 1 の永久磁石界磁形ブラシレスモータにおいて、

$6n + 2 < P < (4/3)M$ 、かつ、 $M = 6n$ （但し n は 2 以上の整数）

としたことを特徴とする永久磁石界磁形ブラシレスモータ。

【請求項 5】請求項 4 の永久磁石界磁形ブラシレスモータにおいて、

$P : M = 14 : 12$

としたことを特徴とする永久磁石界磁形ブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は永久磁石界磁形ブラシレスモータに関する。

【0002】

【従来の技術】VTR 用キヤプスタンモータ等のような音響機器用小形モータは、大出力でコギングトルクが小さいことが望まれている。この種のモータには、一般に、突極磁極のないコアレ形のものが多いがコアレ形のものにはコギングトルクがない反面大出力のものを得にくい問題がある。一方、コア付形のものは大出力のものを得やすいが突極性をもつためにコギングトルクが大きくなる欠点がある。コア付形モータにおけるコギング

トルクの改善のために、永久磁石磁極数を突極磁石数よりも大ならしめることが、特公昭 49-8568 号公報に開示されている。

【0003】コギングトルクは 1 回転につき突極磁極数 M と永久磁石磁極数 P との最小公倍数の脈動トルクであり、コギングトルクの大きさは脈動数に反比例する。

【0004】図 4 および表 1 を参照して従来のこの種の永久磁石回転子形ブラシレスモータについて説明する。ステータ 1 は外周に電機子巻線 29 を集中的に巻回した突極磁極 3 を備える。ステータ 1 の外周には、等間隔に N、S に着磁した永久磁石 4 と磁束を通すヨーク 5 を備えたロータ 6 が空隙を介して回転可能に支承されている。特公昭 49-8568 号の例では、m 相構成の永久磁石磁極数 P と突極磁極数 M の関係を

$P : M = m + 2 : m + 1$

とすることによってコギングトルクの脈動数を多くし、コギングトルクの大きさを低減することを提案している。更に、電機子巻線 2 を突極磁極 3 に集中的に巻回するようにして巻線作業性を向上させている。

【0005】

【表 1】

表 1

n	永久磁石 磁 極 数	突極磁 極 数	コギングト ルク脈動数	巻 線 利 用 率
1	4	3	12	0.866
2	8	6	24	"
3	12	9	36	"
4	16	12	48	"
5	20	15	60	"
6	24	18	72	"

【0006】表 1 は、3 相で且つ永久磁石磁極数 P と突極磁極数 M の比を

$P : M = 4 : 3$

とした場合のコギングトルクの脈動数と巻線利用率をまとめたもので、永久磁石磁極数 P が 16、突極磁極数 M が 12 の例では、コギングトルクの脈動数が 48 にも達し小さなコギングトルクとすることができる。また機械的に 90 度の位相をもつ各突極磁極 3 は電気的には同相であるので電機子巻線 2 の利用率がよく、更に脈動トルクの要因である誘起電圧の脈動を小さくすることができる利点をもっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこの種のモータでは、更にコギングトルクの低減と電機子巻線の利用効率向上が望まれている。コギングトルクの低減は相数 m を増すことによって可能であるが、ブラシレスモータにおいては電機子巻線電流制御のために用いる回転子の磁極位置検出素子数とスイッチング素子数が増える

ことにより、構造が複雑になって高価になる。そして、電機子巻線2の利用率向上については、突極磁極3の間に電機子巻線をもたない補助突極を設けて電機子巻線利用率を1にする方法もあるが、補助突極を多く設けると巻線作業性が低下し、また補助磁極間の溝が増えてコギングトルクを増大する要因となる。

【0008】本発明の目的は、構成が簡単でコギングトルクが小さく、比較的大出力の永久磁石界磁形ブラシレスモータを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、永久磁石界磁の永久磁石磁極数 P と固定子の突極磁極数 M の関係を、 $(2/3)M < P < (4/3)M$ 、かつ、 $M = 6n$ 、かつ、 $P < 6n - 2$ または $P > 6n + 2$ （但し n は2以上の整数）に設定することにより、コギングトルクと巻線係数の両面で改善する、すなわち、巻線係数を向上（出力を向上）させつつ、コギングトルクの大きさを低減するものであり、かつ、モータの中心に対して機械的に180度近くなる位置の突極磁極に巻回した電機子巻線を同相に選べるので、空隙の不平公の影響を少なくして、モータの振動を小さくするものである。

【0010】また、上記の永久磁石界磁の永久磁石磁極数 P と固定子の突極磁極数 M の関係において、特に、 $P < 6n - 2$ の場合には、永久磁石磁極数 P が少ない方が、電気角で120度毎に設けられる永久磁石磁極の位置検出素子の電気角での取り付け誤差が小さくなるので、この誤差によって発生するところのトルクリプルを小さくすることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】図1および図2を参照して一実施例を説明する。

【0012】ステータ1は外周に12個の突極磁極3を備え、この突極磁極3には電機子巻線2が集中的に巻回されている。1相当りの突極磁極3の数は4であり突極 3_{U1} 、 3_{U2} 、 3_{U3} 、 3_{U4} に巻回された電機子巻線2が同相に接続されてU相を構成する。つまりこのU相は中心の突極磁極 3_{U1} （任意に設定し得る）を基準として、電気角で180K（Kは整数）～180K+60度未満の範囲の突極磁極3に巻回された電機子巻線2で構成される。V、W相はU相の磁極から機械的に120度、24

0度（-120度）隔てた突極磁極 3_{V1} 、 3_{V1} を中心に180K～180+60度未満の範囲の突極磁極3に巻回された電機子巻線（図示せず）によってそれぞれ構成される。

【0013】そして永久磁石ロータ6は、N、Sに交互に着磁されてヨーク5の内側に配置されて前記突極磁極3と対向する14個の永久磁石磁極4を備える。

【0014】以上のような永久磁石界磁形ブラシレスモータによれば、1回転当りのコギングトルク脈動数は、永久磁石磁極数14と突極磁極数12の最小公倍数である84となってコギングトルクが軽減される。

【0015】一方、巻線利用率（巻線係数）については、短節巻係数が $\cos 30/2 = 0.966$ 、突極磁極の分布による係数も同様に $\cos 30/2 = 0.966$ となることから、全体では $0.966 \times 0.966 = 0.933$ となり従来のもより向上する。同様な結果は、永久磁石磁極数 P を10、突極磁極数 M を12とすることによっても得られる。

【0016】更に、同じ相の突極磁極3、例えば 3_{U1} 、 3_{U2} 、 3_{U3} 、 3_{U4} が分布して配置され、これを巻回された電機子巻線2の誘起電圧が正弦波状に近くなることから、これに適合した正弦波電流を通電するような電流制御を行うことにより、誘起電圧高調波成分によるトルク脈動が補正される効果がある。

【0017】なお、上記では、 M が12で $P = M \pm 2$ の場合を例にとりコギングトルク及び巻線係数には遜色のないことを述べたが、 P を M より小さくした場合には、上記 P を M より大きくした場合に比べて上述しないブラシレスモータ特有の効果が得られることについて以下に説明する。

【0018】ブラシレスモータでは電気角で120度毎に設けられた永久磁石磁極の位置検出素子からの信号に基づいて三相巻線に電流を分配して流すようにしているが、位置検出素子の取り付け誤差（120度毎）による制御精度への影響としては、永久磁石磁極数 P が少ない方が電気角での誤差が小さくなるのでこの誤差によって発生するところのトルクリプルを小さくすることができる。

【0019】

【表2】

極数	3	6	9	12	15	18
2	6 0.866	6 0.5	18 0.328	12 0.250	30 0.199	18 0.167
4	12 0.866	12 0.866	36 0.617	12 0.433	60 0.389	36 0.328
6	6 0	6 1.0	18 0.866	12 -	30 0.380	18 0.433
8	24 0.866	24 0.866	72 0.946	24 0.866	120 0.711	72 0.616
10	30 0.866	30 0.5	90 0.946	90 0.933	30 0.866	90 0.735
12	12 0	12 0	36 0.866	12 -	60 0.910	36 0.866
14	42 0.866	42 0.5	126 0.617	84 0.933	120 -	126 0.902
16	48 0.866	48 0.866	144 0.328	48 0.866	240 0.952	144 0.946
18	18 0	18 1.0	81 0	36 -	90 0.910	18 -
20	60 0.866	60 0.866	180 0.328	60 0.433	60 0.866	180 0.946
22	66 0.866	66 0.5	198 0.9024	132 0.711	330 0.617	198 0.902
24	24 0	24 0	72 0.866	24 0	120 0.381	72 0.866

- : 3相の接続不明 上 : コギングトルク脈動数 下 : 巻線係数

【0020】表2は縦方向に永久磁石磁極数Pを横方向に突極磁極数Mをおき両者の組合せに対するコギングトルクの脈動数、巻線係数を示している。巻線係数は短節巻係数と分布巻係数の積である。短節巻係数は $\sin(90P/M)$ で求められ、分布巻係数は同じ相の突極磁極の分布状況から算出される。従来のこの種モータの場合、 $M=(3/4)P$ あるいは $M=(3/2)P$ において分布巻係数は1であるが、短節巻係数は0.866となる。

【0021】表2から、永久磁石磁極数Pと突極磁極数Mを $(2/3)M < P < (4/3)M$ とすれば、コギングトルクと巻線係数の両面で改善されることが明らかである。しかし $M=P$ の場合には3相結線ができないことから $M \neq P$ であることが必要となる。

【0022】表2の例では、 $P=M \pm 1$ 、 $M=3m$ （但しmは2より大きい奇数）の場合にコギングトルクの脈動数が最も大きくなりトルクの脈動が最も小さくなる。

【0023】図3には永久磁石磁極数Pを16、突極磁極数Mを15の場合例を示しており、この組合せは表2を見るように、いずれの組合せよりもコギングトルク脈動数、巻線係数ともに良い。しかし、特にPが大きくなるに従い巻線係数の減少傾向が大きくなっていることがわかる。なお、同図においてはPとMの組合せとは関係なく、電機子巻線方式として、これまでの図1や図2と異なる巻線方式を記載しているが、同図の場合には、同じ相の電機子巻線2が巻回される突極磁極3が一ヶ所に偏在するために、空隙長を均等にしないと相間に電圧の不平衡を生じやすい。

【0024】一方、表2で示した例では永久磁石磁極数Pと突極磁極数Mの関係を、 $6n \pm 2 : 6n$ （但しnは2以上の整数）とすることによって、コギングトルクの脈動数を大きくしつつ、機械的に180度近く異なる位置の突極磁極3に巻回した電機子巻線2を同相に選べる

ために、空隙の不平衡の影響が少ないモータを得ることができる。

【0025】なお、巻線係数は、電気角で $180K+0 \sim 660$ 度（Kは整数）未満の範囲に位置する突極磁極3に巻回した電機子巻線2を同相として接続した場合に最も大きくなり、表2はこの考え方に基づいた最良の巻線係数を示している。

【0026】以上の実施例は突極磁極3のすべてに電機子巻線2を巻回することを前提にして説明したが、突極磁極3の一部を補助突極（電機子巻線を巻回しない）とすることも可能である。

【0027】また本発明は直線モータにも適用できる。この場合には、永久磁石の幅 $1/P$ と突極磁極の幅 $1/M$ を

$$2/3 < P/M < 4/3$$

にすることになる。

【0028】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、永久磁石磁極数Pと突極磁極数Mとの関係を適切に選ぶことにより、巻線係数を向上（出力を向上）させつつ、コギングトルクの小さな永久磁石界磁形ブラシレスモータを提供することができる。さらに、モータの中心に対して機械的に180度近く異なる位置（対称な位置）の突極磁極に巻回した電機子巻線を同相に選ぶことにより、空隙の不平衡の影響が少なく、振動が小さなモータを提供することができる。

【0029】また、 $P < 6n - 2$ の場合には、永久磁石磁極数Pが少ない方が、電気角で120度毎に設けられる永久磁石磁極の位置検出素子の電気角での取り付け誤差が小さくなるので、この誤差によって発生するところのトルクリプルを小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の各実施例を示すモータの側面図。

【図2】図1に示したモータの展開図。

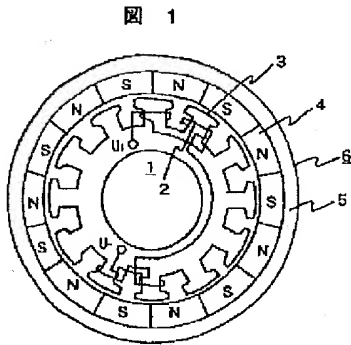
【図3】本発明の各実施例を示すモータの側面図。

【図4】従来のモータの側面図。

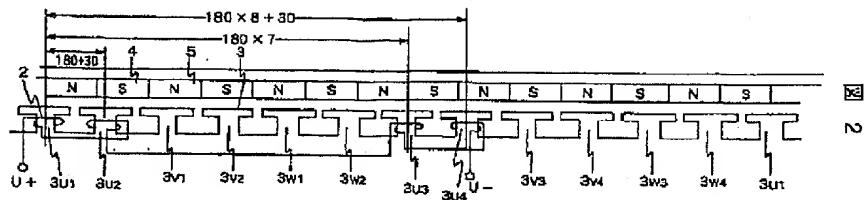
【符号の説明】

1…ステータ、2…電機子巻線、3…突極磁極、4…永久磁石磁極、6…ロータ。

【図1】



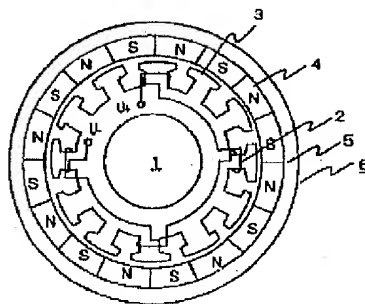
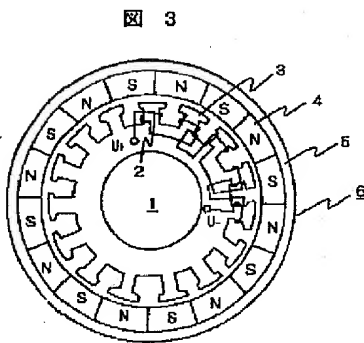
【図2】



【図4】

図 4

【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 今野 猛夫
茨城県日立市東多賀町1丁目1番1号 株
式会社日立製作所多賀工場内